



Complementos ao curso CMVP

{Cidade, data}





Sumário

1	O Projeto 3E (Módulo 1)	3
2	A questão da M&V (Módulo 2)	8
3	Fronteira de medição (Módulo 3)	9
4	Amostragem (Módulo 6)	11
5	Medições elétricas	14
6	Sistemas de controle	18
7	Custos característicos das opções	18
8	Ar condicionado	19
9	AVV em forno	22
10	Forno e caldeira	22
11	Aquecimento d'água em motel	23
12	Instruções para o exame	23



1 O Projeto 3E (Módulo 1)



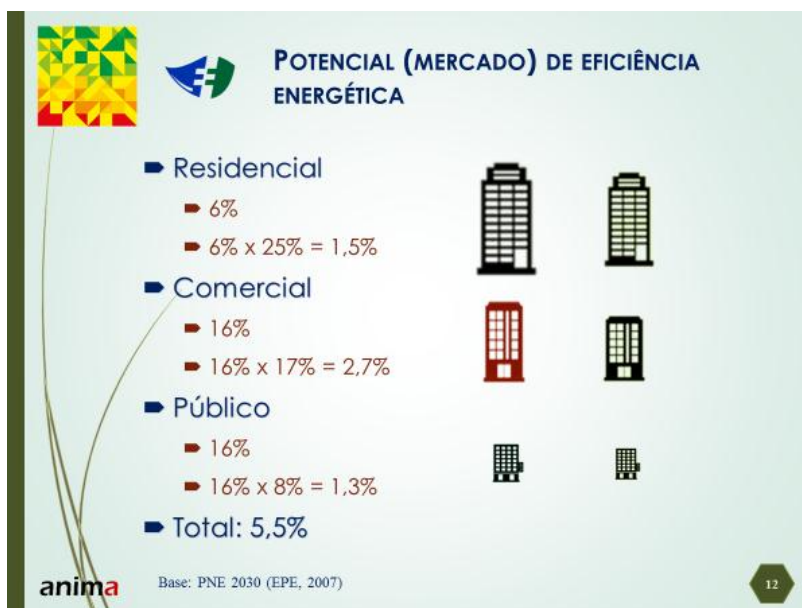
O Projeto 3E – “Transformação do mercado de eficiência energética no Brasil” –, uma iniciativa do MMA – Ministério do Meio Ambiente, tem como objetivo influenciar e desenvolver o mercado de eficiência energética em edificações comerciais e públicas.



Neste tema pretende-se mostrar a importância do estímulo à eficiência energética em edificações no Brasil, tema do Projeto 3E, dada a sua relevância no consumo de eletricidade.



O gráfico mostra o consumo de eletricidade no Brasil em 2015, conforme o Balanço Energético Nacional publicado pela EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Embora, nos setores destacados, o consumo não seja inteiramente realizado em edifícios, grande parte o é, além do que nos demais setores também uma parte é consumida em edifícios. Assim, é lícito estimar-se que cerca de metade do consumo de eletricidade do país é gasto em edifícios.



Usando-se as estimativas do PNE 2030 (EPE, 2007), planejamento de longo prazo realizado pela EPE e publicado em 2007 para os potenciais de mercado de eficiência energética nos três setores considerados, vê-se que mais de metade da meta de eficiência para 2030 pode ser atingida em edifícios. Os números são conservadores.



INDC ACORDO PARIS - ENERGIA

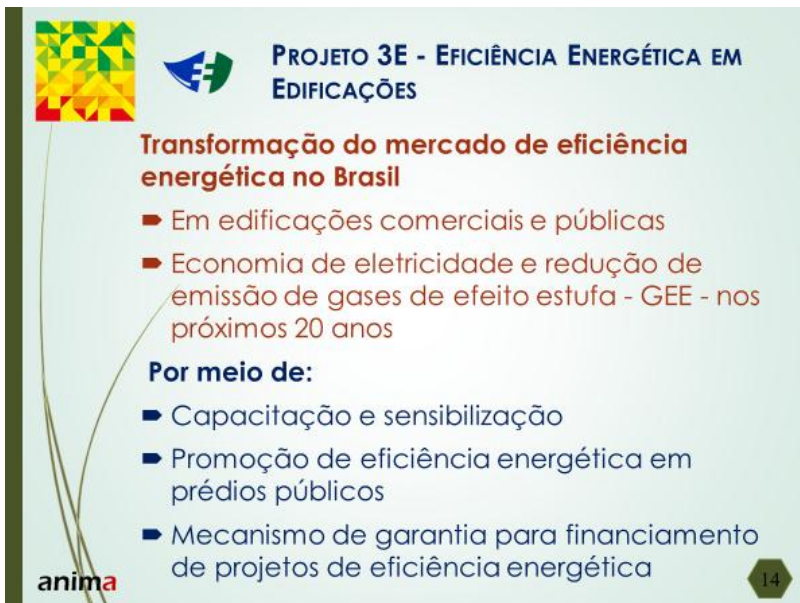
Compromissos para 2030

- 45% renováveis na matriz energética
- 28 a 33% renováveis na matriz energética
- 23% renováveis (fora hídrica) na matriz elétrica – eólica, biomassa e solar
- 10% de eficiência na matriz elétrica

2021 • CMP11
COP21
PARIS 2015

anima

Na COP 21 - Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas, realizada em Paris em 2015, foi firmado um acordo (Acordo de Paris) entre 195 nações voltado para a redução das emissões dos gases do efeito estufa. O Brasil assumiu o compromisso expresso na INDC - um documento em que os países devem apresentar medidas práticas e metas para reduzir a emissão de carbono, nos próximos anos, incluindo a redução de 10% na matriz elétrica com ações de eficiência energética até 2030.



PROJETO 3E - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Transformação do mercado de eficiência energética no Brasil

- Em edificações comerciais e públicas
- Economia de eletricidade e redução de emissão de gases de efeito estufa - GEE - nos próximos 20 anos

Por meio de:

- Capacitação e sensibilização
- Promoção de eficiência energética em prédios públicos
- Mecanismo de garantia para financiamento de projetos de eficiência energética

anima

14

O Projeto tem metas definidas de redução de consumo elétrico e emissão de gases de efeito estufa e se baseia nas três atividades descritas no slide.



PROJETO 3E - COMPONENTES

Capacitação em **etiquetagem** – PBE Edifica



Benchmarking de edifícios existentes

15

Algumas atividades em curso do Projeto: capacitação em etiquetagem de edifícios, segundo os critérios do PBE Edifica do PROCEL e projetos de eficiência em prédios para que sirvam de *benchmarking* ao mercado.

PROJETO 3E – COMPONENTES (2)

Guias e vídeos sobre etiquetagem e eficiência energética



Contrato de performance em edifício público

Capacitação em **M&V**



16

Estão sendo produzidos também guias e vídeos sobre etiquetagem e eficiência energética, estabelecidos procedimentos, através de projetos piloto, para a execução de contratos de performance em edifícios públicos, e capacitação em M&V, onde se insere este curso.





PROJETO 3E - ENTIDADES

- **Execução:**
Ministério do Meio Ambiente – MMA
Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental – SMCQ
- **Implementação:**
Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD
- **Financiamento:**
Fundo Mundial para o Meio Ambiente – GEF
Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID



Empoderando vidas.
Fortalecendo nações.



17



Entidades que participam do Projeto 3E.

<http://mma.gov.br/component/k2/item/10577-p-r-o-j-e-t-o-3e>

**BRASIL** | Serviços | Participe | Acesso à Informação | Legislação | Canais

Ministério do Meio Ambiente

Agenda de Dirigentes | Editais e Chamadas | Eventos do MMA | MMA em Números | Programas do MMA | Quem é Quem

PROJETO 3E



PROJETO 3E

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES
WWW.MMA.GOV.BR/CI/IMA/ENERGIA/PROJETOS

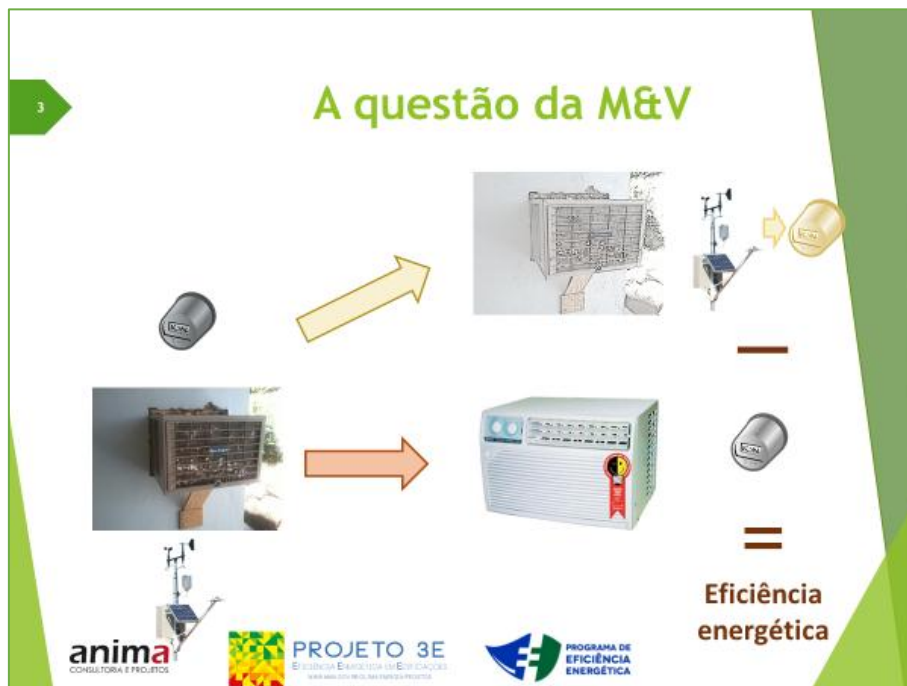
componentes de Capacitação:



Esta é a página da internet do Projeto, onde podem ser acessadas mais informações.



2 A questão da M&V (Módulo 2)



O slide apresenta a ideia básica da M&V. Trocou-se um aparelho de ar condicionado – para calcular a energia economizada não se pode comparar diretamente os dois consumos, que podem ter acontecido em diferentes situações: dias mais ou menos quentes, ambientes mais ou menos ocupados, etc. A solução é ver como varia a energia antes da troca, o que a faz variar e estabelecer um modelo matemático que permita calcular a energia para um dado conjunto de valores das variáveis independentes escolhidas, um “fantasma” do aparelho antigo. Depois da troca, medindo-se o que fazia variar a energia (as variáveis independentes), o fantasma dirá quanto seria o consumo. Subtraindo-se a energia verdadeiramente consumida, tem-se a economia de energia.

4

Conceitos

- ▶ Variáveis independentes
- ▶ Fatores estáticos
- ▶ Períodos de medição
- ▶ Modelo de consumo energético
- ▶ Fronteira de medição
- ▶ Efeitos interativos
- ▶ Opções do PIMVP

anima
CONSULTORIA E PROJETOS

PROJETO 3E
Eficiência Energética em Edificações
www.3e.org.br

PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Estes são os conceitos que devemos absorver para formatar um projeto de M&V. Em cada projeto estas categorias devem ser definidas:



Variáveis independentes: explicam rotineiramente a variação da energia de período a período. São em geral variáveis representando o clima, a ocupação e a produção, em diversos formatos.

Fatores estáticos: também afetam a energia, se variarem. Devem ser acompanhados durante o período de determinação, portanto. Podem ser variáveis também de ocupação e produção, assim como o entorno, como o leiaute de um edifício.

Períodos de medição: medem-se a energia e as variáveis independentes antes da AEE, chamado de linha de base e depois, período de determinação da economia. O primeiro determina o modelo da linha de base, correlacionando-se a energia com as variáveis independentes. O segundo determina a economia alcançada, subtraindo a nova energia consumida da do modelo, que representa o que teria consumido a instalação na sua forma antiga.

Modelo de consumo energético: é justamente o modelo matemático da linha de base, que correlaciona a energia com as variáveis independentes e permite, dado um conjunto de variáveis independentes, determinar a energia que seria consumida nestas condições.

Fronteira de medição: determina a região onde os fluxos da energia são medidos. Na entrada, a energia que supre o sistema, na saída o serviço da energia, avaliado pelas variáveis independentes.

Efeitos interativos: são os efeitos da AEE que permanecem fora da fronteira de medição e devem ser avaliados por cálculo ou desprezados.

Opções do PIMVP: refletem a fronteira de medição escolhida (C para a instalação completa, A e B para uma parte), o rigor na estimativa das variáveis (A, que permite estimativa) e o tipo de modelo da linha de base (medição ou D, simulação de engenharia).

3 Fronteira de medição (Módulo 3)



Esta sequência de slides exemplifica a definição da fronteira de medição. Imagine-se uma caldeira a gás, onde foi aplicada uma AEE, que fornece vapor para uma fábrica de papel. Evidentemente, o vapor gerado depende da produção, que é a variável independente. Podemos medir a energia por meio do medidor da concessionária de gás, desde que haja uma



boa correlação com a produção e a variação não explicada seja pequena em relação à economia que será obtida com a AEE. Se houver variação grande devido aos outros equipamentos que utilizam gás (fatores estáticos), talvez seja mais fácil restringir a fronteira de medição adicionando-se um medidor exclusivo para a caldeira, como no slide seguinte.



Neste caso, a variável independente ainda é a produção, porém os outros equipamentos a gás ficam fora da fronteira de medição (esta “fronteira” não é geográfica, mas de fluxos de energia). Ainda os elementos que mudam o uso do vapor (isolação da rede, purgadores, quantidade de vapor por tonelada produzida) são fatores estáticos e se não forem estáveis, é conveniente restringir-se ainda mais a fronteira, como abaixo. Em contrapartida, temos o custo do medidor e a necessidade de executar toda a medição da linha de base antes de implementar a AEE.

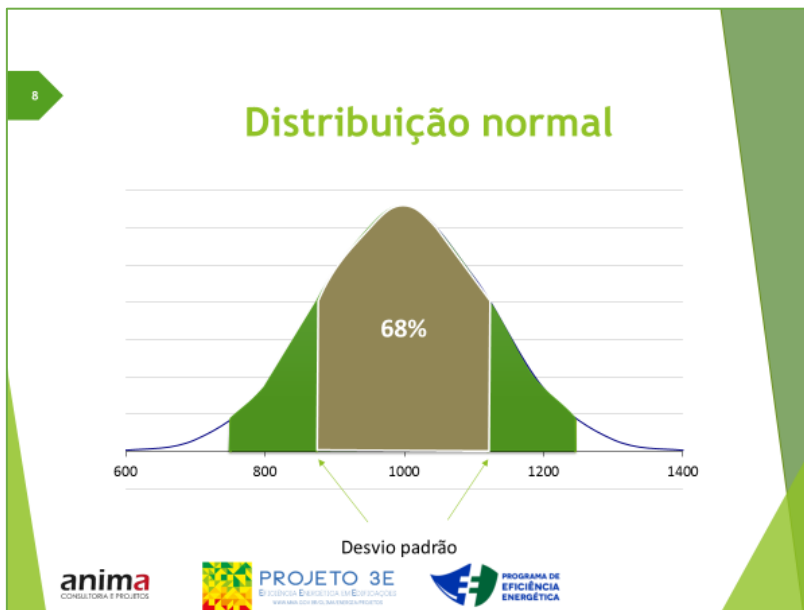


Neste caso, a variável independente passa a ser o vapor e tudo que mudar na produção ou no uso do vapor vai se refletir no medidor e não são mais objeto do projeto de M&V. Em



compensação, há que se arcar com o custo do medidor e perde-se o vínculo direto com a produção. Os fatores estáticos limitam-se à região da caldeira.

4 Amostragem (Módulo 6)



O slide mostra a famosa curva normal, de Gauss ou do sino, que representa a distribuição de probabilidade de muitas variáveis aleatórias que ocorrem na vida prática, como as medições de M&V que iremos efetuar. As medições se concentram em torno da média e afastam-se rapidamente dela, em ambos os sentidos, porém sem limites. Se tomarmos um “desvio padrão” da média (cujo cálculo veremos abaixo) em ambos os lados, teremos 68% das medições possíveis. Com dois desvios padrão temos 95% dos casos, que é um valor que satisfaz a maioria dos casos, e com o qual iremos trabalhar (chamada de nível de confiabilidade).

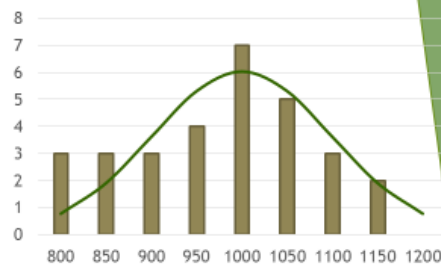




9

Média e desvio padrão

1156	1057	1015
800	1101	890
877	833	1049
1036	1087	1025
1077	878	960
1147	1017	1160
815	991	1011
1085	943	930
1019	995	1050
927	1101	971



Média = 1000
Desvio Padrão = 99

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

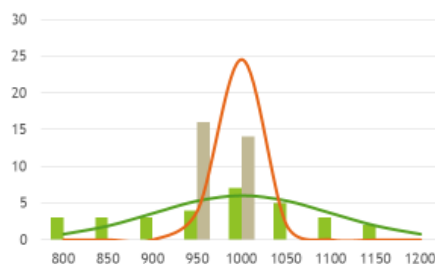


Em um exemplo prático, fazemos 30 medições de uma grandeza. A média e o desvio padrão, cujas fórmulas são apresentadas, são calculados. Note-se que a curva normal é uma tendência da distribuição real quando aumentamos o número de medições. Consideramos que as 30 medições são uma amostra de todas as medições que podem ser feitas (infinitas) – quais as características desta população?

10

Erro padrão

- ▶ Com várias amostras de 30 elementos cada:
 - ▶ a média se mantém
 - ▶ o desvio padrão fica dividido por $\sqrt{30}$



$$EP = \frac{s}{\sqrt{n}}$$



Se fizermos várias baterias de amostras de 30 medições cada e considerarmos as médias de cada bateria, veremos que a média das médias se aproxima de cada média, porém o desvio padrão das médias (que chamamos de erro padrão) fica dividido pela raiz de 30, ou seja, as médias são bem mais concentradas do que as medições em si, como mostra a figura. O erro padrão também é chamado de incerteza padrão.



11

Incerteza

- ▶ Como o erro padrão é para 68% de confiabilidade, há que multiplicá-lo pela estatística *t* para 95%
- ▶ *t* varia com o número de elementos da amostra

Tabela B.1 Tabela t GL	Nível de Confiança			
	95%	90%	80%	50%
1	12,71	6,31	3,08	1,00
2	4,30	2,92	1,89	0,82
3	3,18	2,35	1,64	0,76
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
∞	1,96	1,64	1,28	0,67



Como a distribuição das médias também segue a curva normal, o erro padrão vale para 68% dos casos. Como queremos trabalhar com 95% de confiabilidade, multiplicamos o valor pela estatística *t* de *Student*, que varia com o grau de confiabilidade e o tamanho da amostra (os GL – graus de liberdade são o tamanho da mostra menos um). No Excel, a fórmula para o *t* é INV.T.BC(1-confiabilidade;n-1). Por exemplo, para 95% de confiabilidade e 30 medições teríamos INV.T.BC(1-95%;30-1) = INV.T.BC(5%;29) = 2,045.

12

Exercício - incerteza amostra

- ▶ Para os dados da planilha “6 - medições”, calcular:
 - ▶ Média das leituras
 - ▶ Desvio padrão das leituras
 - ▶ CV (coeficiente de variância)
 - ▶ Erro padrão
 - ▶ Incerteza (absoluta e percentual)

$$\Delta x \cdot \Delta Q \geq \frac{h}{4\pi}$$



Este exercício exemplifica os cálculos com medições de potência e tempo de uso de lâmpadas em residências de baixa renda.



5 Medições elétricas

13

Medições elétricas

- ▶ Tensão (V - voltímetro)
- ▶ Corrente (A - amperímetro)
- ▶ Potência (W - wattímetro)
- ▶ Energia (Wh - medidor de energia)

anima CONSULTORIA E PROJETOS PROJETO 3E Eficiência Energética em Edificações PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

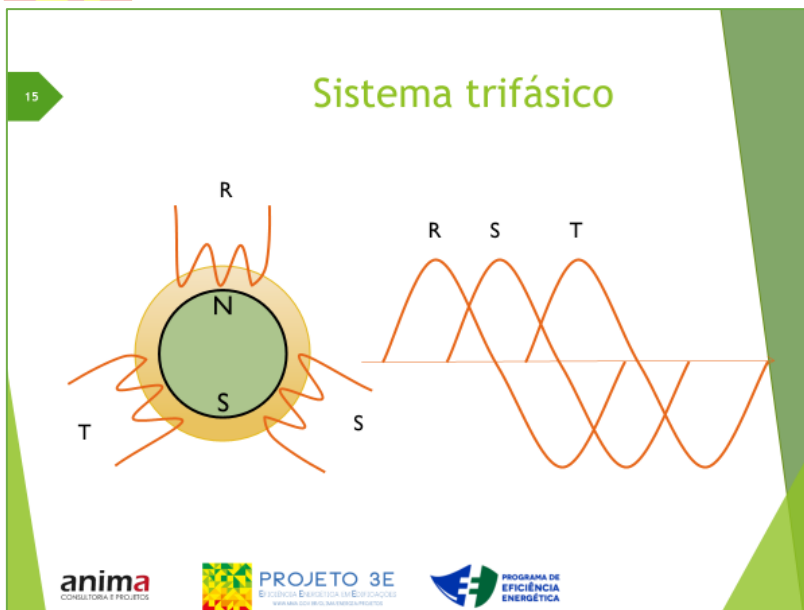
Estes são os conceitos básicos de eletricidade.

14

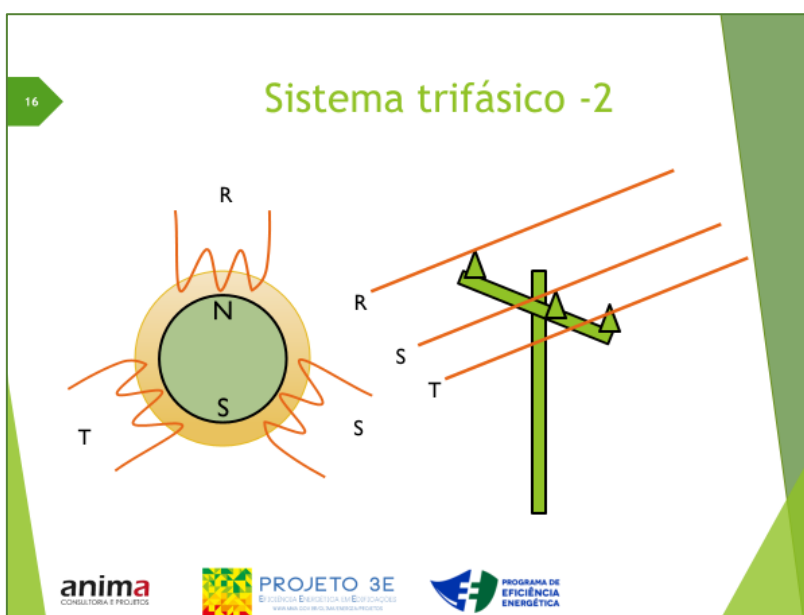
Corrente alternada

anima CONSULTORIA E PROJETOS PROJETO 3E Eficiência Energética em Edificações PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

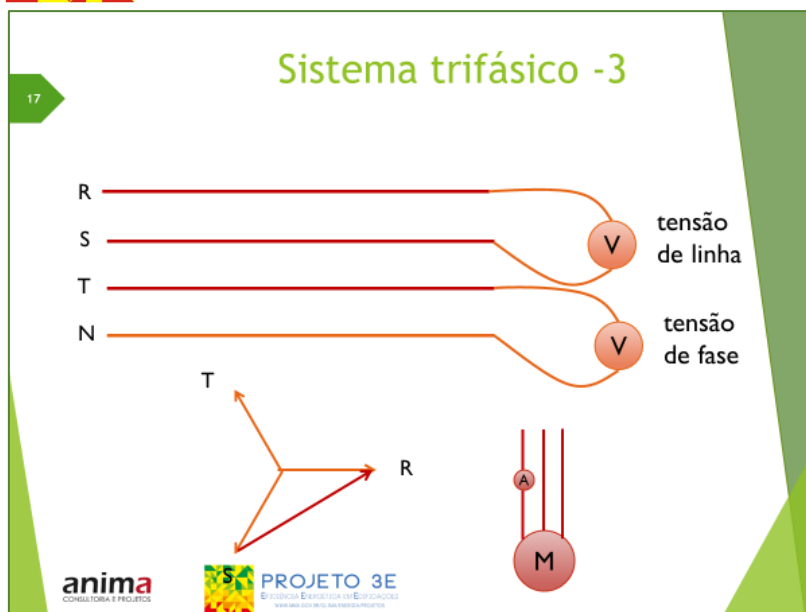
A animação mostra o funcionamento de um gerador elementar de corrente alternada e como esta forma senoidal aparece naturalmente ao se variar um campo magnético próximo a condutores.



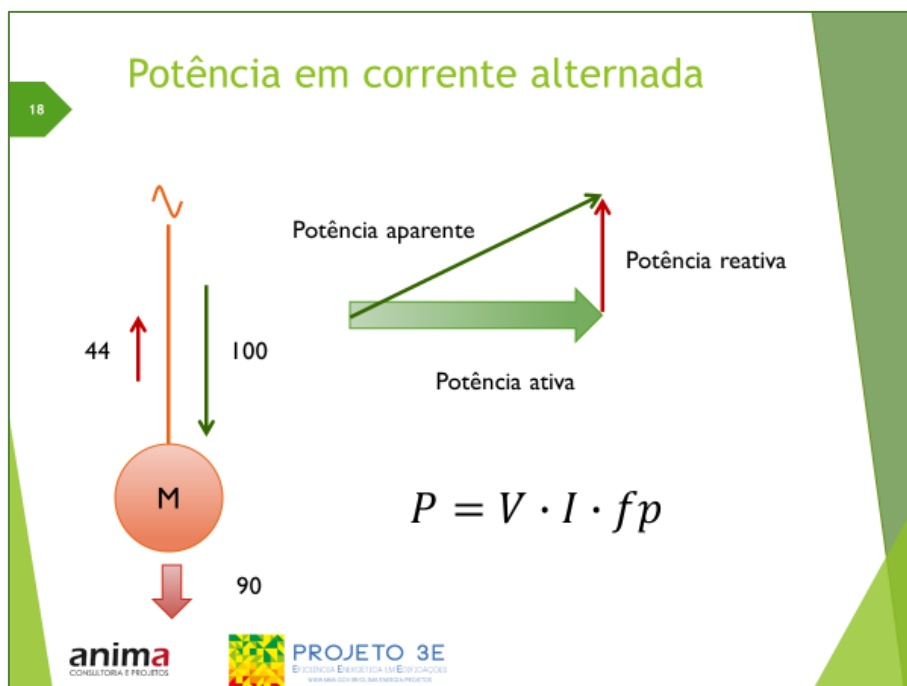
Se colocamos 3 bobinas igualmente espaçadas (120°) obtemos o famoso sistema trifásico, mais usado em distribuição de energia elétrica.



As bobinas são interligadas para que haja (3 ou 4) menos condutores na rede de distribuição.



Na configuração a 4 fios, a tensão entre duas fases é chamada de “tensão de linha” e a entre uma fase e o condutor neutro de “tensão de fase”. Os efeitos do fator de potência e harmônicos, discutidos a seguir, aparecem em ambas.



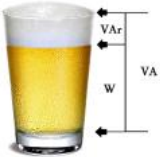
Alguns equipamentos, como motores, utilizam campos magnéticos no seu funcionamento. Assim, eles parecem “reagir” à potência alternada aplicada, absorvendo apenas uma parte da potência e devolvendo outra à rede. A potência, portanto, fica multiplicada por um fator, chamado então de “fator de potência”. À potência transformada (por exemplo, em motores, movimento e calor) chamamos “potência ativa”; à potência devolvida à rede, “potência reativa” e à aplicada “potência aparente”. A relação entre elas está mostrada na figura.



Fator de potência

19

- ▶ $fp = 1$: lâmpadas incandescentes, aquecedores a resistência
- ▶ $fp < 1$: motores, reatores



anima CONSULTORIA E PROJETOS

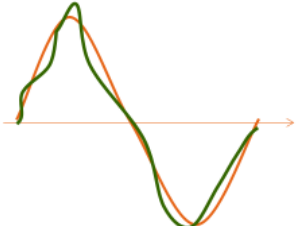
PROJETO 3E
Eficiência Energética em Edifícios
www.animaconsultoria.com.br

Simples resistências têm fator de potência próximo da unidade. Equipamentos com bobinas, usadas para aproveitar o efeito magnético da corrente, têm fator menor que um. Existem também os capacitores, cujo efeito à rede é complementar ao dos que contêm bobinas.

Forma de onda

20

- ▶ Harmônicos
 - ▶ 1º: 60 Hz
 - ▶ 2º: 120 Hz
 - ▶ 3º: 180 Hz
- ▶ Série de Fourier
- ▶ Usar instrumentos de medição TRUE RMS (valor eficaz verdadeiro)
- ▶ Amostras digitais (IEEE 519-1992), até 3 kHz



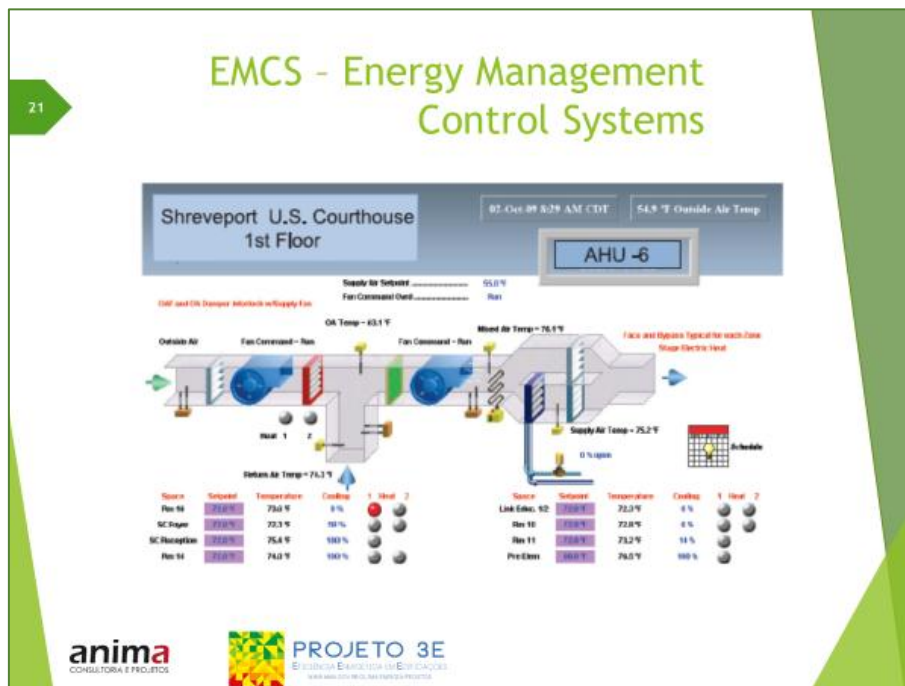
anima CONSULTORIA E PROJETOS

PROJETO 3E
Eficiência Energética em Edifícios
www.animaconsultoria.com.br

Alguns equipamentos eletrônicos “cortam” a corrente alternada, gerando uma distorção na forma de onda senoidal do gerador. Matematicamente, estes efeitos podem ser computados por uma série de Fourier, com senoides de frequência múltipla da rede, os chamados “harmônicos”. Os harmônicos podem prejudicar o funcionamento dos aparelhos ligados à rede.



6 Sistemas de controle



Existem, mormente em indústrias, sistemas de controle de processo que aquisitam diversos dados do uso da energia, que podem ser usados para a M&V. No entanto, cuidados devem ser tomados para que não haja prejuízo nem da velocidade de processamento, nem de armazenamento dos dados.

7 Custos característicos das opções

Custos característicos

Opção A	Número de pontos de medição; complexidade da estimativa; frequência das inspeções do período de determinação da economia.
Opção B	Número de pontos de medição; duração do período de determinação da economia.
Opção C	Número de fatores estáticos a serem seguidos durante o período de determinação da economia; número de variáveis independentes a serem usadas para os ajustes de rotina.
Opção D	Número e complexidade dos sistemas simulados; número de medições no campo necessárias para fornecer dados de entrada para a simulação calibrada; competência do profissional simulador na realização da calibração.

anima CONSULTORIA E PROJETOS

PROJETO 3E
BIBLIOTECA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES
www.anima-energia.com.br

22

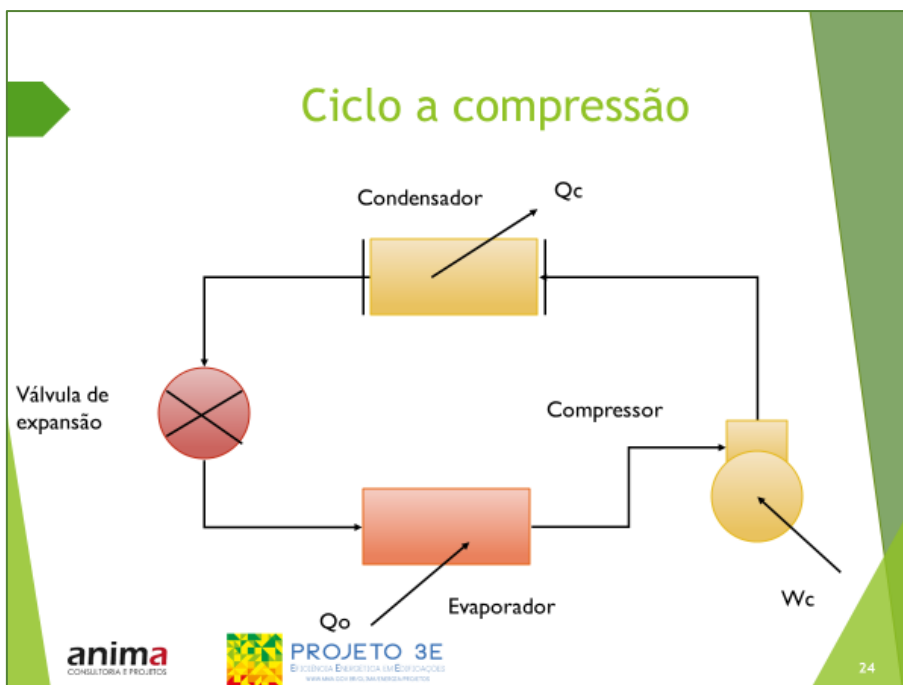
Cada Opção do PIMVP tem componentes de custo característicos, que devem nortear a sua escolha e o orçamento.



8 Ar condicionado



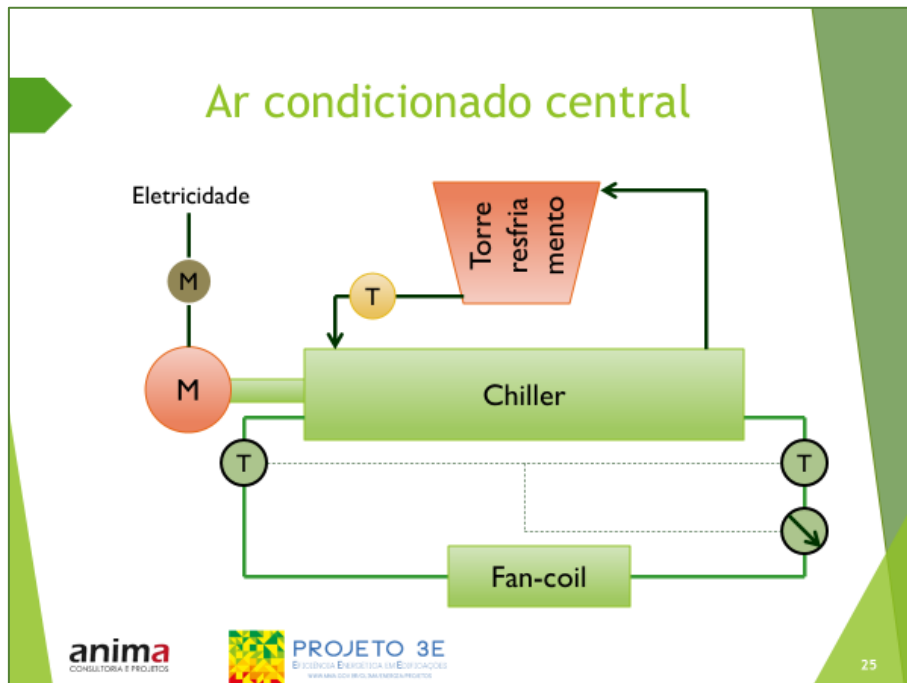
Existem vários tipos de equipamentos de ar condicionado: os de “janela”, que concentram todas as partes em um único pequeno invólucro; os “split”, que separam a unidade evaporadora, dentro do ambiente, da unidade condensadora, do lado de fora; os “self contained”, maiores que os de janela, porém contendo todas as partes em um único invólucro; e os sistemas centrais, que geram água gelada, que por sua vez trocam calor com o ar de cada ambiente.



Todos esses são baseados no ciclo a compressão de um refrigerante (existe também o ciclo de absorção, que segue outro princípio para retornar o refrigerante à condição inicial). No ciclo à compressão, um líquido refrigerante passa por um pequeno orifício (válvula de expansão) expandindo-se para se tornar um gás e absorvendo calor do ambiente. Para reaproveitar o refrigerante, ele é comprimido e depois refrigerado no condensador, voltando à condição de



líquido e reiniciando o processo. A figura indica os fluxos de energia, entrando e saindo do sistema. O rendimento do equipamento é medido não pela energia que entra e sai do sistema, mas pela energia que nos interessa (Q_0 , o calor retirado do ambiente) sobre a energia aportada pelo compressor (W_c), e é maior que um e chamado de COP (coeficiente operacional).

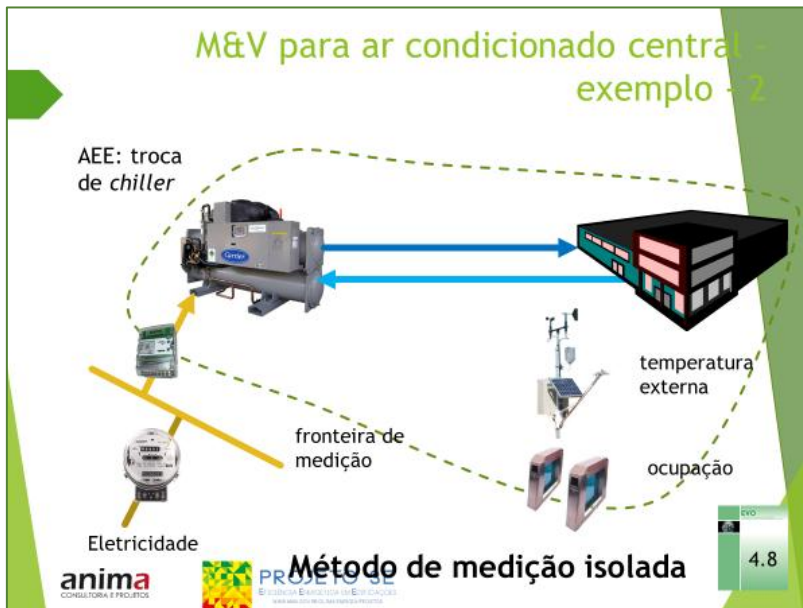


Em um sistema central, um resfriador (*chiller*) gera água gelada que circula pelos ambientes a resfriar. Esta água troca calor com o ar ambiente, circulando em serpentinas e ajudado por ventiladores (*fan-coil*). A condensação do refrigerante é feita por outro circuito d'água, chamada de condensação que, por sua vez, troca calor com o ar ambiente em uma torre de resfriamento.

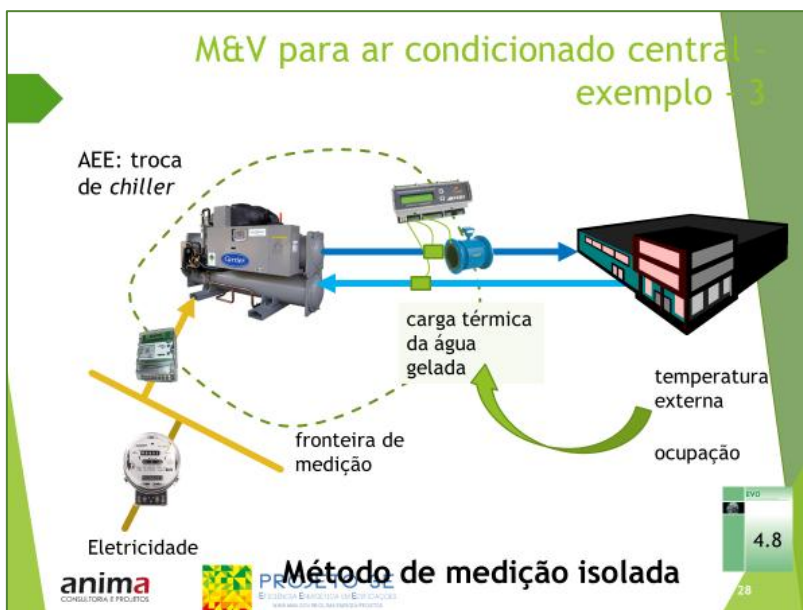




Uma AEE em um sistema central de ar condicionado de um shopping, por exemplo, pode ser medida pelo seu medidor geral, utilizando-se como variáveis independentes a temperatura externa e/ou a ocupação. Seria uma Opção C, de toda a instalação.



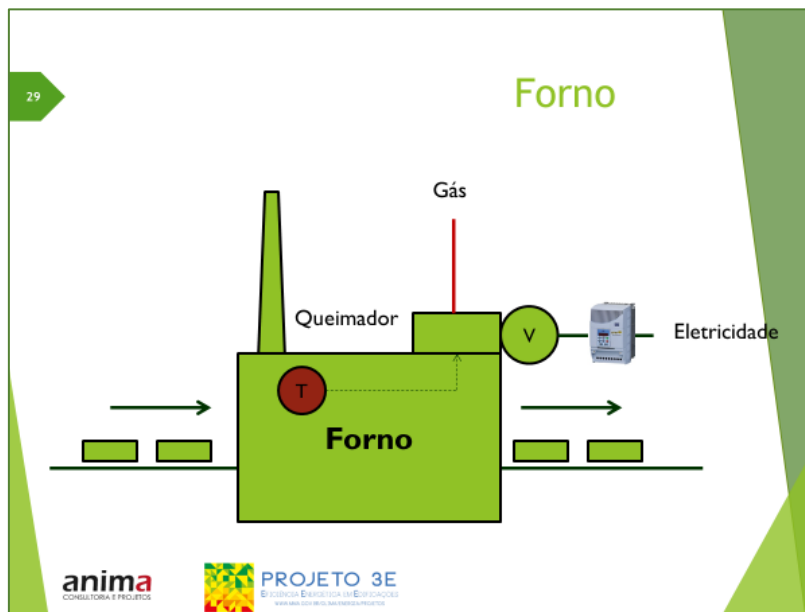
Caso haja fatores estáticos difíceis de monitorar, pode-se instalar um medidor de eletricidade exclusivo para o *chiller* (ou sistema de ar condicionado). As variáveis independentes podem ser as mesmas.



Se, ainda assim, os fatores estáticos atrapalham, pode-se medir diretamente a carga térmica da água gelada, restringindo a fronteira de medição. A variável independente passa a ser a carga térmica e vai absorver todas as variações do sistema, como temperatura externa, ocupação, mudança de leiaute, etc.

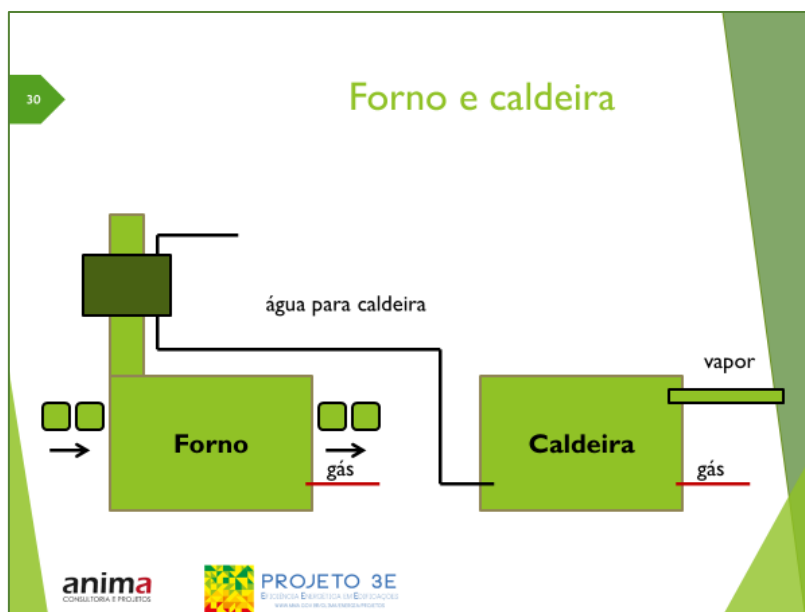


9 AVV em forno



Em um forno industrial, mantido a temperatura constante, instalou-se um AVA (acionador de velocidade ajustável) para diminuir a velocidade do ventilador quando o forno está em baixa carga. Como medir o resultado da AEE? Quais os efeitos interativos?

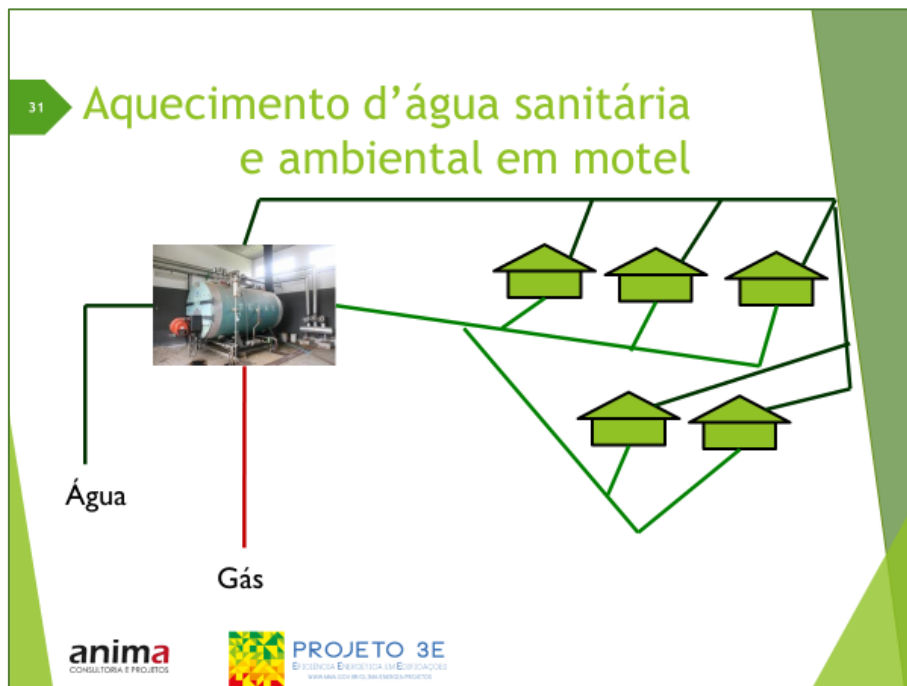
10 Forno e caldeira



Neste sistema conjugado de forno e caldeira, aproveitou-se o calor residual de combustão do forno para pré-aquecer a água de reposição da caldeira. Como medir o resultado? Que opções podem ser usadas?



11 Aquecimento d'água em motel



Um motel em um país frio utiliza uma caldeira de água quente para aquecimento ambiental e de água sanitária (uso humano). Como medir? Quais as possíveis variáveis independentes?

12 Instruções para o exame

Instruções para o exame

Telefones celulares, dispositivos de gravação, *laptops*, PDAs ou outros dispositivos sem fio não poderão ser utilizados durante o exame. Os candidatos encontrados fora de conformidade com estas normas serão imediatamente excluídos do exame e sua prova anulada.

Trata-se de um exame com consulta e você pode usar uma calculadora.

Não é permitida conversa entre examinandos durante o exame. Um examinando encontrado olhando para outra folha de respostas será automaticamente desclassificado. A repetição do exame não será permitida por um período de, pelo menos, seis meses. O silêncio absoluto deve ser mantido na sala de exame.

Mediante pedido, os alunos poderão ir ao banheiro, mas apenas uma pessoa de cada vez pode abandonar a sala durante o exame. O livro de questões deve ser deixado na sala na posição fechada, com a folha de resposta virada para que as respostas não sejam visíveis. Papel de rascunho está disponível. **NÃO ESCREVER NO LIVRO DE QUESTÕES.**

O exame CMVP é composto por 107 questões (uma combinação de questões de múltipla escolha e falso/verdadeiro). Você deve preencher as 107 respostas. Algumas perguntas valem 6 pontos; as com asterisco * valem 18 pontos. Para passar no exame, você deve ter uma pontuação de 700 pontos.

Utilize um lápis número 2 para preencher a folha de respostas. Se você apagar, faça-o completamente.

Preencha o seu nome, ID e número do livro de questões na folha de respostas, preenchendo também os círculos abaixo correspondentes a letras e números. Anote as suas respostas a todas as questões na folha de respostas. Nenhum crédito será dado para as respostas escritas no livro de exame nem no rascunho.

A pontuação é baseada no número de respostas corretas. Já que não há nenhuma penalidade para as respostas erradas, é vantagem responder a todas as perguntas. Se a questão for difícil, você pode decidir voltar à ela depois de ter concluído todas as perguntas com que está familiarizado.

O exame será de 4 horas. Um anúncio será feito 30 minutos antes do final. Quando você tiver terminado o exame, entregue o seu livro de exame, a folha de respostas e o papel de rascunho ao instrutor. No prazo de 30 a 60 dias, você será notificado de sua pontuação no exame.

Não contate a EVO sobre seus resultados de teste antes do final do prazo. Os resultados dos exames não serão disponibilizados no site da EVO. Se você conseguir a pontuação para aprovação, e se o seu formulário estiver completo, será enviado para a certificação para revisão final. Você será notificado se irá receber a aprovação ou negação do Comitê no prazo de sessenta dias.

Por favor, abra seu livro de questões na página inicial de instruções. O exemplo ilustra como as respostas deverão ser marcadas.



O histograma mostra o número de questões em cada faixa de percentual de acertos (por exemplo, houve 14 questões com acertos entre 50 e 60%) em uma amostra de exames. Vê-se que há um grande número de questões com alto percentual (“fáceis”) e algumas com baixo percentual (“difíceis”). Portanto, uma boa estratégia pode ser fazer-se primeiro as fáceis, respirar, e deixar as demais para uma segunda abordagem.

Obrigado!

agenorgarcia@uol.com.br